



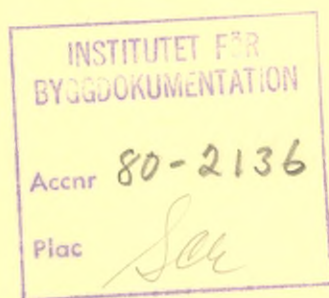
Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



## Värmeupptagning ur Mölndalsån — förstudie

Karin Lindberg



V  
ON!

Byggeforskningsrådet

Ser

R136:1980

VÄRMEUPPTAGNING UR MÖLNDALSÅN - förstudie

Karin Lindberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
791567-2 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Bengt Dahlgren AB, Göteborg.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R136:1980

ISBN 91-540-3366-7  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 057141

# INNEHÅLL

1	FÖRORD	5
2	SAMMANFATTNING	7
3	TEKNISKT UNDERLAG	9
3.1	Allmänt	9
3.2	Effektbehov	9
3.3	Drifttider ventilation	10
3.4	Energibehov	11
3.5	Meteorologiska data	11
3.6	Data-Mölnbalsån	12
4	ALTERNATIVA VÄRMEUPPTAGARE	13
4.1	Allmänt	13
4.2	Rörslingor, placerade horisontellt på åbotten	13
4.3	Rörslingor, placerade i form av ett tubknippe i ån	14
4.4	Plattvärmeväxlare - Tubvärmeväxlare	15
4.5	Pumpning av vatten till förångaren	15
5	SYSTEMBESKRIVNING	17
5.1	Allmänt	17
5.2	Uppvärmning med fjärrvärme - alternativ 1	18
5.3	Uppvärmning enbart med värmepump - alternativ 2	18
5.3.1	Uppvärmning enbart med värmepump, värmeupptagare typ slingor i ån - alternativ 2a	18
5.3.2	Uppvärmning enbart med värmepump, värmeupptagning genom pumpning av åvatten till förångaren - alternativ 2b	19
5.4	Uppvärmning med värmepump, spetslast genom fjärrvärme - alternativ 3	19
6	TEKNISK ANALYS AV STUDERADE VÄRMEFÖRSÖRJNINGSSYSTEM	21
6.1	Allmänt	21
6.2	Energibehov	22
7	EKONOMISK ANALYS AV DE STUDERADE VÄRMEFÖRSÖRJNINGSSYSTEMEN	23
7.1	Allmänt	23
7.2	Uppvärmning med fjärrvärme - alternativ 1	23

7.3	Uppvärmning enbart med värmepump, värmeupptagare typ slingor i ån - alternativ 2a	24
7.4	Uppvärmning enbart med värmepump- värmeupptagning genom pumpning av åvatten till förångaren - alternativ 2b	25
7.5	Uppvärmning med värmepump, spetslast genom fjärrvärme - alternativ 3	25
7.6	Analys	27
7.7	Framtidsaspekter	28
8	SLUTORD	29

## BILAGOR

Bil 1	Situationsplan	
2	Temperaturvariationer i vatten och luft	
3	Utetemperaturens varaktighet över året (hela dygnet)	
4	Värmepumpens princip	
5	Värmepumpsarrangemang med direktförångning	
6	Värmepumpsarrangemang med pumpning av vatten till en värmeväxlare placerad på land	
7	Värmepumpsarrangemang med värmeväxlaren placerad i ån	
8	Värmebärartemperaturen för olika system som funktion av utetemperaturen	
9	Litteratur	39

## 1 FÖRORD

I samband med planeringen av att flytta Göteborgs Industrimuseum till Apotekarnes gamla fabrikslokaler i Gårda, diskuterades alternativa uppvärmningssystem för projektet.

Apotekarnes fabriker ligger vid Ävägen intill Mölndalsån, varför värmeutvinning ur åvattnet med hjälp av en värmepump skulle kunna vara ett bra alternativ för energiförsörjning, jämfört med andra konventionella uppvärmningssystem.

Ytterligare en synpunkt som talar för ett ökonventionellt värmeförsörjningssystem är aspekten att systemet även skall ha funktionen av utställnings- och studieföremål för Industrimuseet.

Förutsättningarna för att återvinna energi ur ån har betecknats som goda.

Intill Mölndalsån ligger en mängd industrier t ex Papyrus och SAAB. Dessa släpper ut en del kyl- och avloppsvatten, vilket gör att temperaturen i ån kan förväntas vara högre än normalt. Den högre temperaturen gör att det är ännu mer intressant att studera möjligheterna för energiutvinning.

Fabriksområdets läge invid Mölndalsån gör att kulvertdragningen blir kort, vilket påverkar kostnaderna i positiv riktning.

Fabriksområdet består av fem stycken byggnader: fabriksbyggnaden, kontorshuset, garaget och två stycken gårdshus. Av dessa skall alla utom kontorshuset användas av Industrimuseet.

Kontorshusets befintliga VVS-installation skall bibehållas. Försörjningen sker där från egen panncentral.

Fabriksbyggnadens befintliga installationer skall demonteras och en helt ny VVS-installation installeras.

Garagebyggnaden uppvärms med vattenvärmda aerotemperar (en ny och två befintliga).

Gårdshusen uppvärms med elvärmda aerotemperar.

Garage och fabriksbyggnaden är tänkt att uppvärmas med fjärrvärme alternativt värmepump.

Föreliggande förstudie omfattar bl a beräkningar av värmeeffekter och energibehov för byggnaderna, beräkning av möjligt effektuttag från ån, utformning av värmeupptagare, teknisk och ekonomisk analys.

Förstudien behandlar tre principiellt olika värmepumpsystem. Jämförelsen görs ur ekonomisk synpunkt med ett konventionellt värmeförsörjningssystem baserat på fjärrvärmeanslutning.

Förstudien har utförts av Bengt Dahlgren AB i Göteborg, som också har gjort VVS-handlingar för detta projekt.



Göteborgs Industrimuseum planerar att flytta till Apotekarnes Vattenfabriks gamla lokaler i Gårda. Apotekarnes fabriker ligger vid Ävägen intill Mölndalsån.

Förstudien utgöres av en analys av förutsättningarna, att försörja byggnaderna med värme ur Mölndalsån genom ett värmepumpsarrangemang.

Tre värmepumpsystem studeras och jämföres ur teknisk och ekonomisk synpunkt med ett konventionellt uppvärmningssystem typ fjärrvärme. Alternativen som studera är:

- \* Uppvärmning med fjärrvärme. Byggnadens systemtemperatur 80/40°C för ventilation och 80/60°C för radiatorgrupperna (alternativ 1).
- \* Uppvärmning enbart med värmepump, värmeupptagare är slingor i ån. Byggnadens systemtemperatur 45/35°C (alternativ 2a).
- \* Uppvärmning enbart med värmepump, värmeupptagning genom pumpning av vatten till förångaren. Byggnadens systemtemperatur 45/35°C (alternativ 2b).
- \* Uppvärmning med värmepump, spetslast genom fjärrvärme. Värmeupptagning genom pumpning av vatten till förångaren. Byggnadens systemtemperatur 80/40°C för ventilation och 80/60°C för radiatorgrupperna (alternativ 3).

I förstudien har olika värmeupptagare studerats och dess för- och nackdelar. Dessa är rörslingor innehållande en brinelösning, som förlägges i ån på olika sätt, pumpning av åvatten till värmeväxlare som via en brinelösning sedan pumpas till värmepumpens förångare eller pumpning av åvatten direkt till värmepumpens förångare. I det sista systemet är förångaren utformad som en öppen tubpanneförångare - separerad från värmepumpen.

Av temperaturmätningar som gjorts dels i Mölndalsån, dels i Göta älv fås att temperaturen i ån följer utomhustemperaturens variationer, dock med någon fördröjning. Vattentemperaturen går vintertid ner till ca +0,7°C.

Beräkningar har gjorts för dimensionering av slingorna vid den aktuella åvattentemperaturen. Värmeupptagningen per meter blev ca 9,5 kW.

Byggnadens årliga energiförbrukning för uppvärmning, ventilation och varmvattenberedning har beräknats till 775 MWh/år. Med ett värmepumpssystem utan spetslast - alternativ 2a, erfordras 330 MWh/år i elenergi

till värmepumpens kompressorer och driftpumpar. Restande del 445 MWh/år motsvarande ca 60% tas upp i värmeupptagarna.

Den totala årskostnaden är lägst i det studerade basalternativet med fjärrvärme. Av de studerade värmepumpsalternativen har systemet med direkt förångning den lägsta kostnaden. Jämfört med basalternativet erfordras en merinvestering på 1 105 000:- kronor inkl projektering för ovanstående värmepumpssystem. De årliga drifts- och underhållskostnaderna är dock 13 000:- kronor lägre än basalternativet (inkl effektagiften).

Energikostnaderna för värmepumpssystemet utan spetslast - alternativ 2b är 42 000:- kronor lägre än fjärrvärmealternativet med dagens energipriser.

## 3 TEKNISKT UNDERLAG

3.1 Allmänt

Följande handlingar ligger till grund för förstudien:

- Huvudhandlingar för VVS med tillhörande kostnadsuppskattning för konventionell värmeförsörjning daterade 1980-01-16, upprättade av Bengt Dahlgren AB.
- Situationsplan för området, daterad 1980-04-21, upprättad av Bengt Dahlgren AB (bilaga 1).
- Temperaturmätningar gjorda i Götaälv av Göteborgs Vatten- och Avloppsverk under året 1978 (bilaga 2).
- Temperaturmätningar och vattenanalys gjorda i Mölndalsån av Göteborgs Vatten- och Avloppsverk under åren 1978-1979 (bilaga 2).
- Temperaturmätningar gjorda av Bengt Dahlgren AB, under tiden 1979-12-01 och 1980-04-30 i Mölndalsån vid Apotekarnes fabriker (bilaga 2).

Byggnaderna som uppvärms med vattenburen värme har följande ytor och volymer:

Byggnad	Volym m <sup>3</sup>	Yta m <sup>2</sup>
Fabriksbyggnad	29 500	8 735
Garage	1 800	450

Idag skall endast plan 1, 2 och 3 i fabriksbyggnaden användas för magasin, kontor och utställning åt Industrimuseet. I framtidsplanerna ingår att plan 4 och 5 skall inredas för en konserveringsverksamhet.

Garaget skall användas som vagnsmagasin för Industrimuseet och endast hålla temperaturen +5°C.

3.2 Effektbehov

Utgående från tidigare nämnda handlingar har följande dimensionerade effektbehov beräknats för projektet. Dimensionerande utetemperatur, LUT, för Göteborg är -16°C.

Fabriksbyggnad

Transmission, totalt	233 kW (43%)
Ventilation-Industrimuseum	78 kW (15%)
Ventilation-Konservering	178 kW (33%)
Varmvattenberedning	49 kW (9%)
Summa	538 kW (100%)

Garage

Transmission	35 kW (75%)
Ventilation	12 kW (25%)
Summa	47 kW (100%)
Total anslutningseffekt	585 kW

3.3 Drifttider Ventilation

Följande drifttider har förutsatts för ventilationsanläggningen.

Fabriksbyggnad

- TA1/FA1 - Konserveringsdelen plan 4 och 5  
kl 07.00-18.00  
5 dagar i veckan  
50 veckor/år
- TA2/FA2 - Utställningshallar  
kl 10.00-17.00  
7 dagar i veckan  
50 veckor/år
- TA3/FA3 - Kontor  
kl 07.00-18.00  
5 dagar i veckan  
50 veckor/år
- TA4/FA4 - Hörsal  
kl 12.00-15.00, kl 19.00-22.00  
7 dagar i veckan  
50 veckor/år
- TA5/FF - Cafeteria  
kl 10.00-17.00  
7 dagar i veckan  
50 veckor/år

Garage

- Bef FF - Garage  
Kontinuerlig drift

### 3.4 Energibehov

Årsenergibehoven för transmission, ventilation och varmvattenberedning har beräknats enligt VVS-Kontrollens modell (se lit.förteckning) för respektive objekt.

#### Fabriksbyggnad

Transmission	84 MWh/år (69%)
Ventilation	176 MWh/år (24%)
Varmvattenberedning	<u>50 MWh/år ( 7%)</u>
Summa	710 MWh/år (100%)

#### Garage

Transmission	40 MWh/år (62%)
Ventilation	<u>25 MWh/år (38%)</u>
Summa	65 MWh/år (100%)

Totalt energibehov för byggnaderna blir:

#### Totalt

Transmission	524 MWh/år (69%)
Ventilation	201 MWh/år (25%)
Varmvattenberedning	<u>50 MWh/år ( 6%)</u>
Totalt årsenergibehov	775 MWh/år (100%)

### 3.5 Meteorologiska data

För Göteborg gäller följande data:

* Årsmedeltemperaturen	+ 7,9°C (normalår)
* Max. månadsmedeltemperatur	+21,1°C (normalår)
* Min. månadsmedeltemperatur	- 4,0°C (normalår)
* Dimensionerande lägsta ute- temperatur (LUT1)	-16,0°C

Varaktighetsdiagram för uteluftens temperatur över året framgår av bilaga 3.

### 3.6 Data - Mölndalsån

Mölndalsån har vid Apotekarnes Vattenfabrik ett minsta djup på 1,20 m och ett största djup i strömfåran på ca 2,40 m.

Åns bredd är ca 13 m.

Vattenhastigheten i ån har uppmätts till ca 0,2 m/s och vattenflödet till ca 4300 l/s, under vinterhalvåret.

Göteborgs Vatten- och Avloppsverk har kontinuerligt gjort temperaturmätningar i Götaälv, men endast sporadiska mätningar i Mölndalsån. För att komplettera VA-verkets temperaturmätningar har mätningar gjorts i Mölndalsån under tiden 1979-12-01 till 1980-04-30.

Temperaturmätningarna gav till resultat att:

- \* Temperaturen i Mölndalsån följer i stort sett temperaturen i Götaälv.
- \* Mölndalsåns temperatur påverkas ej nämnvärt av fabriksutsläppen.
- \* Temperaturvariationen i Mölndalsån och Götaälv följer lufttemperaturens medelvärde
- \* Temperaturen i ån går vintertid ner mot  $+0,7^{\circ}\text{C}$ .

Temperaturvariationerna i luften och vattnet redovisas i bilaga 2.

VA-verket gör kontinuerliga vattenanalyser av Mölndalsån vid Nya Ullevi, som ligger i närheten av Apotekarnes Vattenfabrik.

Av dessa vattenanalyser har framkommit att vattnet är:

- \* fiberrikt
- \* något surt, Ph-värdet 6
- \* ej aggressivt
- \* ej växtbefrämjande



## 4 ALTERNATIVA VÄRMEUPPTAGARE

### 4.1 Allmänt

Värmeupptagaren är av väsentlig betydelse för projektet ifråga, varför stor vikt bör läggas på utformningen av densamma.

För värmeutvinningen ur vatten kan tre principer komma ifråga:

- a. Förläggning av värmeväxlare i ån innehållande en brinelösning. Brinelösningen pumpas till värmeväxlarens förångare, där värmeväxling sker (bilaga 7).
- b. Pumpning av vatten direkt till värmepumpens förångare, där värmeväxling sker (bilaga 5).
- c. Pumpning av vatten till värmeväxlare, där värmeväxling sker till en brinelösning, som i sin tur pumpas till värmepumpens förångare (bilaga 6).

Själva utformningen av dessa värmeupptagare och dess för- och nackdelar behandlas nedan.

### 4.2 Rörslingor, placerade horisontellt på åbotten

Plaströrslingor, typ Polyeten, förlägges på åbotten. I rörslingorna cirkulerar en brinelösning. Brinelösningen består av en vatten-etylenglykollösning. Denna typ av värmeväxlare påminner om yttjordvärmepumpsystemet, skillnaden är att slingorna ligger i vatten istället för i jord.

Slingorna, som måste förankras vid botten, bör uppdelas i ett antal parallellkopplade kretsar. Detta för att dels nedbringa erforderlig tryckuppsättning för pumpen och dels för att man ur driftsäkerhetssynpunkt skall kunna stänga av en läckande slinga.

Genom att vattentemperaturen i ån vintertid är min  $+0,7^{\circ}\text{C}$  och en värmeöverföring då önskas måste man ta i beaktande att ispåfrysning kan ske. Ingående temperatur på brinen bör ligga omkring  $-3^{\circ}\text{C}$  och utgående temperatur runt  $0^{\circ}\text{C}$ . Isskiktet får inte växa för stort för då blir det isolerande. Till en viss gräns kan ispåfrysningen tillåtas och dess isbildningsvärme påverka värmeöverföringen i positiv riktning. Genom att förse brinekretsen med en specialpump kan man periodiskt skapa en kraftig tryckstöt i ledningssystemet, varvid isen släpper och ispåfrysning förhindras.

Rörslingornas värmeupptagningsförmåga per meter rör,  $P$ , är beroende av den logaritmiska medeltemperatur-differensen  $\theta_{lm}$ , rördiametern  $d$  och värmeövergångstalet  $k$ .

$$P = \theta_{lm} \times \pi \times d \times k$$

Ur ovanstående formel fås att ju lägre den logaritmiska temperaturdifferensen är och ju mindre rørets diameter är desto sämre blir värmeupptagningsförmågan, vilket innebär längre rörslingor.

Vid beräkningen av  $k$ -värdet har hänsyn tagits till ispåfrysningen samt en viss sedimentation på røren. Ingen hänsyn har tagits till bottensedimentens eventuella värmeinnehåll. Brinens hastighet i røren har antagits till ca 0,5 m/s.

Tabell 4.1 Rörslingors effektuttag

Rördim.	Temp åvatten °C	Temp brine in/ut °C	K-värde W/m <sup>2</sup> °C	Effektut- tag W/m
25x2,3	+0,7	-3/±0	70	9,5
	+4,0	±0/+3	70	11,5
50x4,6	+0,7	-3/±0	45	12,5
	+4,0	±0/+3	45	15,0

En stor osäkerhet ligger i beräkningarna beträffande rörslingornas värmeöverföring. Med avseende på sedimenteringen och påväxtning och hur stor omfattning dessa påverkar värmeöverföringen.

Nackdelar med att placera slingor på en åbotten är bl a följande:

- \* Slingorna tar stor yta
- \* Svåra att inspektera
- \* Förankringsproblem
- \* Stora risker för yttre påverkan
- \* Risk för glykolläckage

#### 4.3 Rörslingor, placerade i form av ett tubknippe i ån

Förläggning av plaströrsslingor i polyeten, i form av ett tubknippe i ån med cirkulerande brinelösning. Systemet fungerar som en typ av värmeväxlare.

Denna typ av värmeväxlare har samma funktion som rörslingor placerade på åbotten.



För att förbättra tubknippets värmeövergångstal kan man öka vattengenomströmningen med hjälp av en skammuspump, vilket gör att tubknippets dimensioner kan minskas.

Tubknippet har den fördelen i förhållande till de horisontellt placerade slingorna att den tar mindre plats och kan på ett lättare sätt göras inspekterbara.

Nackdelarna med tubknippen är att de är svårare att rengöra och kräver större lägningsdjup.

För Mölndalsån, som endast är mellan 1,3-2,4 m djup är denna värmeupptagare inte lämplig.

En annan nackdel för tubknippet är ispåfrysningen och dess avfrostningsproblem.

#### 4.4 Plattvärmeväxlare - Tubvärmeväxlare

Genom pumpning av åvatten till en värmeväxlare, där värmeväxling sker till en brinelösning tillkommer ett värmeväxlarsteg, vilket ökar drifts- och anläggningskostnaderna. Förångningstemperaturen minskar och därmed minskar även värmepumpens värmefaktor.

Vattnet som pumpas till värmeväxlaren måste filtreras för att förhindra igensättning.

Sommartid kan påväxtning av alger ske, varför rengöring och rensning är en viktig del för att inte minska värmeöverföringen.

Plattvärmeväxlaren är lättare att rengöra och rensa i förhållande till tubvärmeväxlaren.

Ispåfrysning i värmeväxlarna måste undvikas, vilket begränsar temperaturen på den ingående brinevätskan till ca  $\pm 0^{\circ}\text{C}$ . Detta gör att man i insjöar och åar, där stor risk för ispåfrysning föreligger ej bör använda sig av denna typ av värmeupptagare.

#### 4.5 Pumpning av vatten till förångaren

Genom pumpning av åvatten direkt till värmepumpens förångare elimineras ett värmeväxlarsteg, vilket minskar drifts- och anläggningskostnaderna. Samtidigt kan förångningstemperaturen höjas och därmed ökar även värmepumpens värmefaktor.

Förångaren kan liknas vid en öppen tubvärmeväxlare. I de öppna tuberna strömmar åvattnet och runt dessa i det slutna systemet köldmediet. Denna princip användes idag, bl a som en tubismaskin.

Fördelen med denna förångare är att ispåfrysningen inte är något problem. Vid påfrysning köres värmepumpen i ett reverserat förlopp och avisar då förångaren. Denna typ av förångare kan således användas vid låga vattentemperaturer.

När temperaturen i Mölndalsån går ner mot  $+0,7^{\circ}\text{C}$  vintertid kan man i förångaren tillåta en temperatursänkning på  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Förångningstemperaturen bör då ligga på ca  $-3^{\circ}\text{C}$ .

Sommartid sker påväxtning i de öppna tuberna, varför rengöring måste göras. Dessa rengöres lämpligen med en viska. Tubernas dimension är ca 50 mm i diameter. Med hänsyn till tubernas stora dimension erfordras endast en grovfiltrering av vattnet innan det pumpas till förångaren.

## 5 SYSTEMBESKRIVNING

5.1 Allmänt

Det aktuella objektet som studeras skall antingen uppvärmas på konventionellt sätt med fjärrvärme eller med hjälp av en värmepump typ vätska-vätska med värme från Mölndalsån.

Vid dimensionering av värmesystemet på konventionellt sätt väljes temperaturen på primärvärmesystemet till 80/40°C och på sekundärvärmesystemet 80/60°C, vilket är normalt för fjärrvärmeanslutna anläggningar av idag.

Skall man däremot använda sig av en värmepump är det inte helt givet vilken systemtemperatur som är att föredraga. Systemtemperaturen påverkar val av köldmedium. Köldmedium R12 möjliggör en systemtemperatur på ca 65°C medan köldmedium R22 möjliggör en temperatur på +47°C.

Högre systemtemperatur ger mindre radiatorer, men dyrare värmepump och lägre värmefaktor som ger ökad energiförbrukning (se princip värmepump bilaga 4).

Vid en nyinstallation kan systemtemperaturen väljas fritt för värmepumpen, utan hänsyn till en eventuell befintlig värmeinstallation.

På grundval av ovanstående väljes köldmedium R22. Dess kondenserings temperatur bör ej väljas högre än +50°C, vilket ger en maximal tilloppstemperatur på +47°C.

För systemalternativet med värmepump utan spetslast väljes systemtemperaturen 45/35°C.

För alternativet värmepump med spetslast väljs systemtemperaturen 80/60°C, vilket innebär att värmepump med köldmedium R22 kan användas ned till en utetemperatur på ca +3°C och en åvattentemperatur på ca +4°C.

Således gäller följande temperaturnivåer för de olika systemen:

Alt. 1	Fjärrvärme, rad.	80/60°C
	Fjärrvärme, vent.	80/40°C
Alt. 2	Värmepump utan spetslast	45/35°C
Alt. 3	Värmepump med spetslast, rad.	80/60°C
	vent.	80/40°C

Värmebärartemperaturens principiella förlopp som funktion av utetemperatur framgår av bilaga 8.

## 5.2 Uppvärmning med fjärrvärme - alternativ 1

Värmeförsörjningen sker från fjärrvärmenätet. Fjärrvärme levereras från Rosenlunds oljeeldade kraftvärmeverk. En fjärrvärmekulvert finns framdragen i gatan söder om fastigheten. Fjärrvärmens systemtemperatur är 120/70°C.

Vid söderfasad i plan 1, fabriksbyggnaden, är undercentralen med värmeväxlare och shuntgrupper placerad. Därifrån sker sedan distribution av värme och tappvatten till de olika byggnaderna.

## 5.3 Uppvärmning enbart med värmepump - alternativ 2

Vid uppvärmning av byggnaderna med hjälp av endast en värmepump måste denna klara hela värmebehovet även under den kallaste årstiden. Detta gör att stor vikt måste läggas på val av värmeupptagare, eftersom åvattens temperatur vintertid går ner till ca 0,7°C.

Enligt avsnitt 4, som behandlar olika värmeupptagare är nedan angivna alternativ aktuella:

Alt. 2a Värmeupptagare typ rörslingor placerade horisontellt på åbotten (bilaga 7).

Alt. 2b Värmeupptagning genom pumpning av åvatten till förångaren (bilaga 5).

Värmepumpen har två köldmediekretsar (två kompressorer). Varje köldmediekrets förses med en s k tryckgasvärmväxlare för tappvattenberedning kompletterad med en varmvattenberedare för ackumulering. Principen för värmepumpen och dess värmefaktor framgår av bilaga 4.

### 5.3.1 Uppvärmning enbart med värmepump, värmeupptagare typ slingor i ån - alternativ 2a

Värmeförsörjningen sker från ett värmepumpsaggregat, placerat i apparatrummet, fabriksbyggnadens plan 1. Från aggregatet pumpas brinevätskan via en kulvert innehållande huvudledningarna till värmeupptagarna. I ån förlägges rörslingorna.

Värmepumpen, med köldmedium R22, har ett effektuttag på 585 kW och värmefaktorn 2,8. Den effekt, som slingorna i ån skall dimensioneras för blir 375 kW.

Enligt avsnitt 4.2 fås att vid rördimension  $\varnothing$  25 mm blir den erforderliga totala slinglängden i ån ca 39 500 m.

Denna slinglängd skall på lämpligt sätt förläggas i ån. Med tanke på bl a inspekterbarhet, förankringsanordningar och montage har följande förläggningsprincip framtagits.

Rören som parallellkopplas lägges i slingor på max 50 m med ett centrumavstånd på 100 mm. Rören monteras på skivor av galvaniserad sträckmetall som även har funktionen av förankringsanordning. Varje "kassett" som är ca 6,5 x 25 m skall kunna frikopplas från huvudledningen och lyftas upp ur ån för inspektion och service. Varje kassett förses därför med avstängningsventiler mot huvudledningen. För ett erhålla rätt köldbärarflöde förses varje delslinga med strypventil.

Principen framgår av bilaga 7.

#### 5.3.2 Uppvärmning enbart med värmepump - värmeupptagning genom pumpning av åvatten till förångaren - alternativ 2b

Värmeförsörjningen sker från ett värmepumpaggregat med separat placerad förångare. Värmepumpen är placerad i apparatrummet, fabriksbyggnadens plan 1. Från aggregatet pumpas köldmediet till ett utomhus stående förångararrangemang, vilket består av 3 stycken parallellkopplade öppna förångare enligt avsnitt 4.5. Till förångarna pumpas vattnet från ån via en pumpmed dränkbara pumpar.

Värmepumpen, med köldmedium R22 har ett effektuttag på 585 kW och värmefaktorn 3,8. Den värmeeffekt, som skall tas ur ån blir 435 kW.

Principen framgår av bilaga 5.

#### 5.4 Uppvärmning med värmepump, spetslast genom fjärrvärme - alternativ 3

I detta alternativ dimensioneras värmepumpen för att klara hela värmebehovet ned till en utomhustemperatur på +3°C. Därefter inkopplas fjärrvärmen och värmepumpens funktion minskar då successivt för att vid utetemperaturen -4°C vara helt fränkopplad, varvid fjärrvärmen är den enda värmekällan.

Värmenätet kan då projekteras för systemtemperaturen 80-60°C respektive 80-40°C och således ökar varken radiatorstorleken eller värmebatterierna i förhållande till fjärrvärmealternativet.

Som värmeupptagare kan i likhet med alternativ 2 antingen rörslingor i ån eller värmeupptagning genom pumpning av åvattnet till förångaren väljas.

Det senare alternativet väljes och studeras närmare.

Principen för detta alternativ är lika alternativ 2b, men här har värmepumpen ett effektuttag på 310 kW och en värmefaktor på 3,8. Den värmeeffekt, som skall utvinnas ur ån blir 230 kW, vid  $+4^{\circ}\text{C}$  (åvattentemperatur).

Fjärrvärmen måste dimensioneras för att täcka hela värmebehovet, dvs totalt 585 kW i ansluten effekt.



## 6      TEKNISK ANALYS AV STUDERADE VÄRMEFÖRSÖRJNINGS-SYSTEM

### 6.1      Allmänt

De två studerade värmepumpsalternativen med slingor i ån eller pumpning av åvatten till en öppen förångare placerad på gården går att tekniskt och teoretiskt genomföra, men det leder till många praktiska problem bl a:

För systemet med rörslingor i ån:

- \* Lång slinglängd på grund av den låga åvattentemperaturen
- \* Stort antal slinganslutningar och därmed även många skarvar, som kan orsaka läckage
- \* Slingorna tar stor yta i ån
- \* Ledningarna i ån ligger grunt och kan lätt utsättas för åverkan och sabotage
- \* Svår åtkomlighet för inspektion
- \* Ispåfrysning, påväxtning
- \* Rengöring av slingor

För systemet med pumpning av vatten till förångaren:

- \* Ispåfrysning
- \* Påväxtning

Kompressorn, är en typ som länge har använts inom kyltekniken. Driftsäkerheten och driftekonomin på dessa är mycket god, däremot råder en viss osäkerhet beträffande värmeupptagarna.

Systemet att förlägga värmeupptagaren i form av slingor på sjö - hav - eller åbotten finns idag i småskaliga projekt för typ villauppvärmning. Resultatet från dessa pekar på att systemet fungerar tillfredsställande. Problem med ispåfrysning och påväxtning förekommer dock.

Systemalternativet med den öppna förångaren typ tubpanneförångaren för värmeproduktion finns ej i drift idag, men däremot har denna princip använts länge för produktion av is.

## 6.2 Energibehov

För samtliga studerade värmeförsörjningssystem gäller att energibehovet på 775 MWh/år skall täckas för transmission, ventilation och varmvattenberedning.

För att täcka detta energibehov blir energiförbrukningen för respektive alternativ:

Tabell 6.1 Årsenergiförbrukningen för olika systemalternativ.

Alternativ	Total Årsenergi- förbrukning MWh/år	Energiför- brukning Fjärrvärme MWh/år	Energiför- brukning El MWh/år
Alt.1 Fjärrvärme	775	775	-
Alt.2a Värmepump med slingor i ån	330		330
Alt.2b Värmepump med separat förångare	300		300
Alt.3 Värmepump med separat förångare spetslast- fjärrvärme	360	85	275



## 7 EKONOMISK ANALYS AV DE STUDERADE VÄRMEFÖRSÖRJNINGSSYSTEMEN

### 7.1 Allmänt

Kostnaderna baseras på prisläget i februari 1980.

För beräkning av kapitalårskostnaderna har en kalkylränta på 10% respektive 14,5% använts. Avskrivningstider för i anläggningen ingående komponenter, byggnader och anslutningsavgifter har hämtats från byggnadsforskningsrapporten R9:1970, där avskrivningstiden är angiven till:

- 40 år för anslutningsavgifter
- 30 år för installationer inomhus, installationer utomhus, projekteringskostnader
- 15 år för undercentral

Kostnader för löpande underhåll har även hämtats från ovan nämnda rapport.

Energikostnaderna baseras på gällande tariffer från Göteborgs Energiverk:

- |  |              |
|--|--------------|
| - Fast avgift, el                      | 180 kr/år    |
| - Effektaavgift, el                    | 260 kr/kW    |
| - Energiavgift, el<br>inkl energiskatt | 11,3 öre/kWh |
| - Effektaavgift, fjärrvärme            | 60 kr/kW     |
| - Energiavgift, fjärrvärme             | 9,5 öre/kWh  |

Anslutningsavgifterna för el- och fjärrvärmen varierar för de olika alternativen, beroende på aggregatuppdelning, installerad effekt för värmepumpsaggregaten och distributionspumparna.

Följande kostnader exklusive mervärdeskatt erhålles för de studerade systemalternativen:

### 7.2 Uppvärmning med fjärrvärme - alternativ 1

#### Anläggningskostnad

Installationer inomhus	585 000:-	
Anslutningsavgift	315 000:-	
Projektering	<u>60 000:-</u>	
		960 000:-

Årskostnad

Kapital (10%)	107 000:-	
Kapital (14,5%)	147 000:-	
Effektavgift	36 000:-	
Energikostnad	75 000:-	
Löpande underhåll	<u>7 000:-</u>	
SUMMA (10%)		225 000:-
SUMMA (14,5%)		265 000:-

7.3 Uppvärmning enbart med värmepump, värmeupp-  
tagare typ slingor i ån - alternativ 2a

Anläggningskostnad

Installationer inomhus	760 000:-	
Installationer utomhus (rörslingor, kulvert inkl schaktning, köldmedium, förankring etc)	1 105 000:-	
Värmepump inkl VVX	320 000:-	
Anslutningsavgift, el	11 000:-	
Byggnadskostnader	10 000:-	
Projektering	<u>130 000:-</u>	
SUMMA		2 335 000:-

Årskostnad

Kapital (10%)	260 000:-	
Kapital (14,5%)	355 000:-	
Effektavgift inkl abonnemangsavgift	58 000:-	
Energikostnad	37 000:-	
Löpande underhåll	<u>35 000:-</u>	
SUMMA (10%)		390 000:-
SUMMA (14,5%)		485 000:-

7.4 Uppvärmning enbart med värmepump - värmeupptagning genom pumpning av åvatten till förångaren alternativ 2b

Anläggningskostnad

Installationer inomhus	760 000:-	
Installationer utomhus (kulvert inkl schaktning, sil, pumparrangemang etc)	334 000:-	
Värmepump (inkl VVX och förångare på gården)	830 000:-	
Anslutningsavgift, el	11 000:-	
Byggnadskostnader	10 000:-	
Projektering	110 000:-	
SUMMA		2 055 000:-

Årskostnad

Kapital (10%)	245 000:-	
Kapital (14,5%)	325 000:-	
Effektavgift inkl abonnemangsavgift	52 000:-	
Energikostnad	33 000:-	
Löpande underhåll	30 000:-	
SUMMA (10%)		360 000:-
SUMMA (14,5%)		440 000:-

7.5 Uppvärmning med värmepump, spetslast genom fjärrvärme - alternativ 3

Anläggningskostnad

Installationer inomhus (inkl apparatrum)	650 000:-	
Installationer utomhus (kulvert inkl schaktning, sil, pumparrangemang etc)	280 000:-	
Värmepump (inkl VVX och förångare på gården)	600 000:-	
Anslutningsavgift, el	11 000:-	
Anslutningsavgift, fjärrvärme	314 000:-	
Byggnadskostnader	10 000:-	
Projektering	150 000:-	
SUMMA		2 015 000:-

Årskostnad

Kapital (10%)	234 000:-	
Kapital (14,5%)	314 000:-	
Effektavgift el inkl abonnemangsavgift	33 000:-	
Energikostnad, el	35 000:-	
Effektavgift, fjärrvärme	36 000:-	
Energikostnad, fjärrvärme	12 000:-	
Löpande underhåll	<u>30 000:-</u>	
SUMMA (10%)		380 000:-
SUMMA (14,5%)		460 000:-

## 7.6 Analys

En sammanställning av beräknade kostnader ger följande tabell.

Tabell 7.1. Kostnadssammanställning

	Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b	Alternativ 3
Anläggnings- kostnad inkl projektering (kr)	960 000:-	2 335 000:-	2 055 000:-	2 015 000:-
Kapitalårs- kostnad -10% (kr/år)	107 000:-	267 000:-	245 000:-	234 000:-
Kapitalårs- kostnad -14,5% (kr/år)	147 000:-	352 000:-	325 000:-	309 000:-
Effekt- kostnad kr/år	36 000:-	58 000:-	52 000:-	69 000:-
Energi- kostnad (kr/år)	75 000:-	37 000:-	33 000:-	47 000:-
Löpande underhåll (kr/år)	7 000:-	35 000:-	30 000:-	30 000:-
Total års- kostnad -10% (kr/år)	225 000:-	390 000:-	360 000:-	380 000:-
Total års- kostnad -14,5% (kr/år)	265 000:-	485 000:-	440 000:-	460 000:-

Ur tabell 6.1 och 7.1 fås då att:

- \* Anläggningskostnaden och därmed även kapitalårskostnaden för alternativ 1 med enbart fjärrvärme är det billigaste alternativet. De övriga alternativen är över 100% dyrare. Fördyringen hänförs till värme-pumpsarrangemanget.
- \* Den årliga effektkostnaden är lägst för alternativ 1, och högst för alternativ 3, hela 90% dyrare. Alternativ 3:s effektkostnad inrymmer förutom den fördyrade eleffektavgiften för värmepumpsarrangemanget även effektavgiften för fjärrvärmen.

- \* Årsenergikostnaden och därmed även årsenergiförbrukningen är lägst för alternativ 2a och 2b, medan däremot alternativ 1 är högst.
- \* Löpande underhållet är dyrast för alternativet 2a med värmeupptagaren i form av rörslingor placerade på åbotten. Alternativet med fjärrvärmeuppvärmning kräver minst underhåll.
- \* Som en följd av ovanstående fås att för närvarande är fjärrvärmealternativet mest lönsamt.

## 7.7 Framtidsaspekter

Som framgår av den ekonomiska analysen är fjärrvärmealternativet det mest gynnsamma i dagsläget. Men vad händer när energipriset stiger?

Genom att jämföra de olika systemens energiförbrukning (se tabell 6.1) och ställa dessa i relation till totalårskostnaderna, exklusive energikostnad, fås ett ungefärligt värde på vad energin får kosta för att ett värmepumpssystem skall bli ekonomiskt jämförbart med alternativet fjärrvärmeuppvärmning.

Tabell 7.2 Energipriset

Alternativ	Totalårskostnad exkl energikost- nad (14,5%) kr/år	Energiför- brukning MWh/år	Energipris öre/kWh
1	190 000:-	775	
2a	448 000:-	330	58,0
2b	407 000:-	300	45,5
3	413 000:-	360	53,7

Anm.

Energipriset fås genom att skillnaden för totalårskostnaden exklusive energikostnaden för de olika alternativen divideras med skillnaden för energiförbrukningen.

Energipriset är idag (1980-02-15):

- \* för fjärrvärme 9,5 öre/kWh
- \* för elenergin 11,3 öre/kWh (inkl energiskatten)

Idag är det fullt möjligt att försörja en byggnad med värme från ett vattendrag via en värmepump (småskaliga projekt typ villor finns idag i drift).

Av föreliggande förstudie framgår det dock att många praktiska problem föreligger, speciellt med förläggning av rörslingor i en å.

Ur ekonomisk synpunkt är alternativet med värmepump ett dyrare alternativ. Anläggningskostnaden såväl som totalårskostnaden är ca 100% dyrare i värmepumpsalternativen.

Den energibesparing, som sker i värmepumpsarrangemanget uppgår till ca 445 MWh/år för alternativ 2a med värmeslingor i ån som värmeupptagare. Detta innebär en kostnadsbesparing på ca 38 000:- kr/år med dagens energipriser - taxor, medan totalårskostnaden är hela 220 000:- kr/år mer för alternativet 2a än för alternativ 1 med fjärrvärmeuppvärmning.

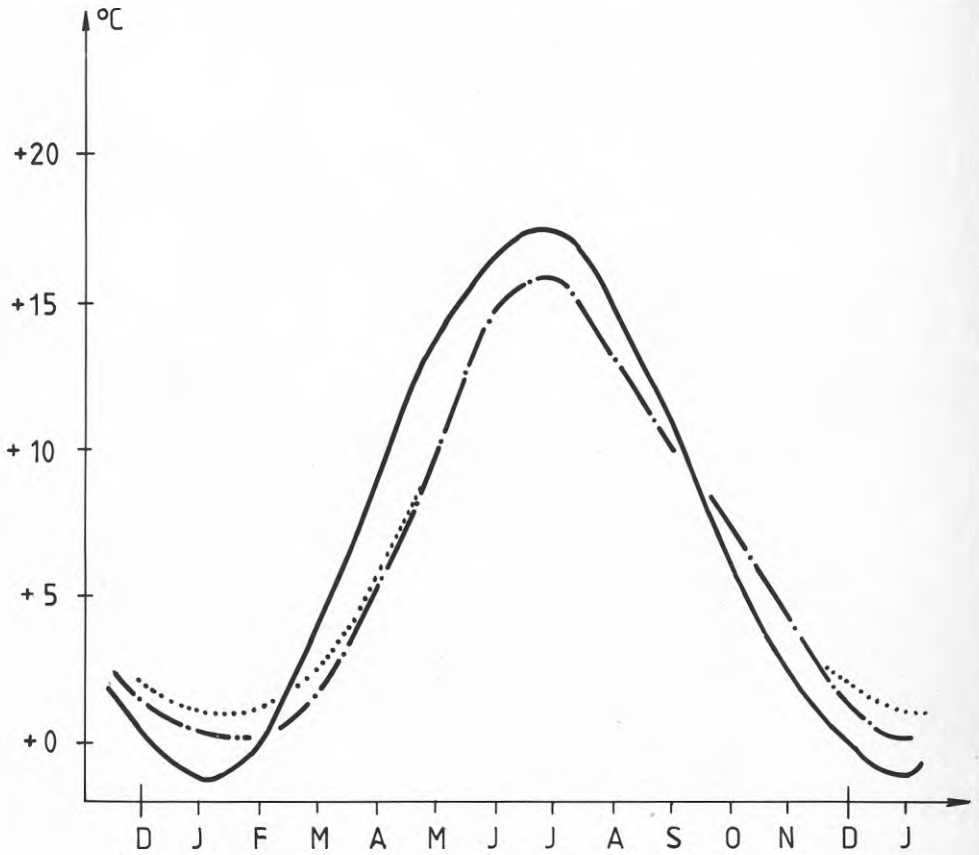
Med hänsyn till de tekniska och ekonomiska uppgifter, data och synpunkter som har framtagits och belysts i denna förstudie har systemlösningen med värmeutvinning ur Mölndalsån bedömts ej vara aktuell.







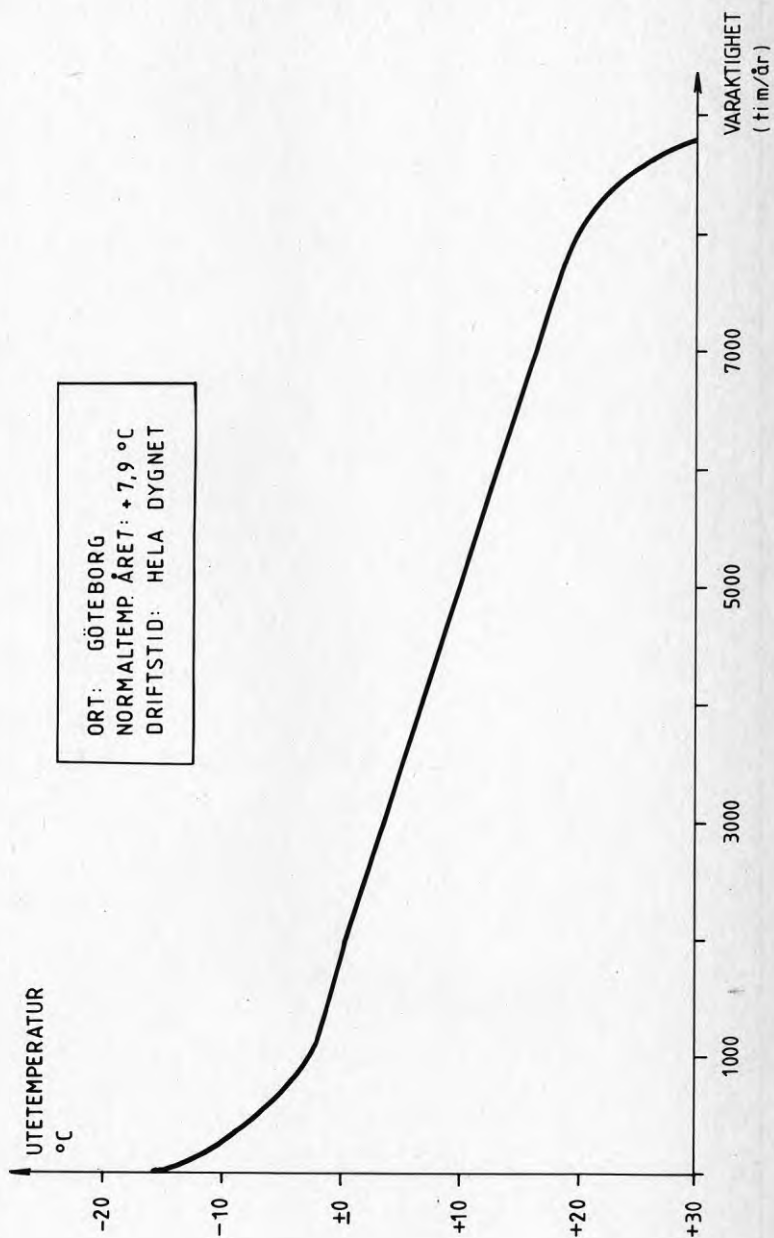


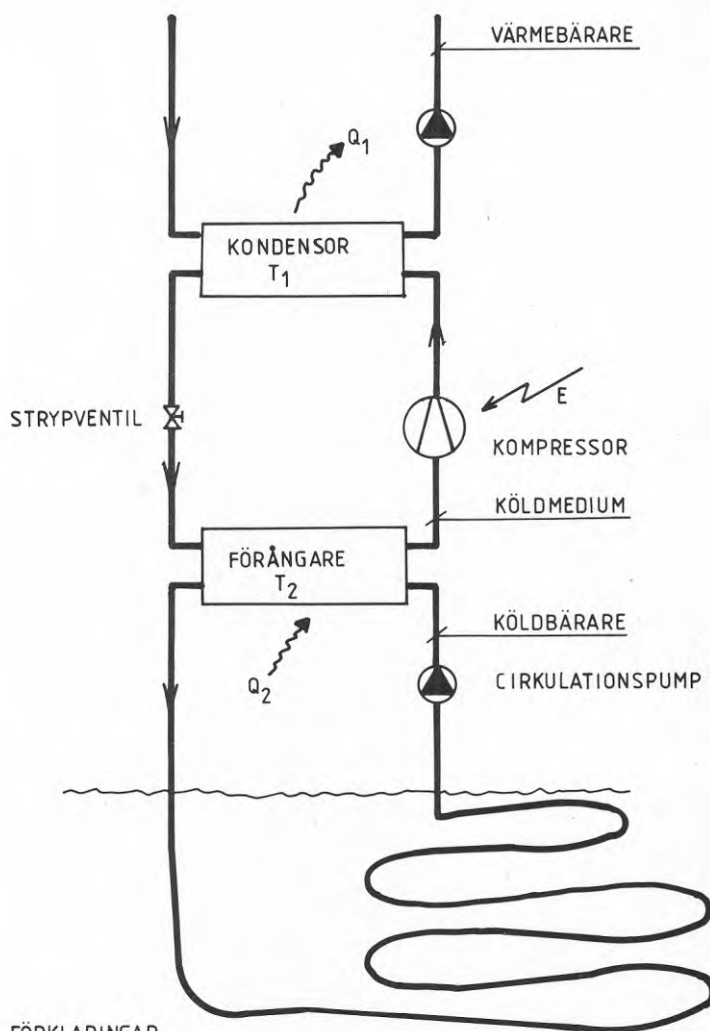
TEMPERATURVARIATIONER I VATTEN OCH LUFT

— LUFTTEMPERATUREN — MEDELVÄRDE I GÖTEBORG

- · - VATTENTEMPATUREN — GÖTA ÄLV

..... VATTENTEMPATUREN — MÖLNDALSÅN

UTETEMPERATURENS VARAKTIGHET ÖVER ÅRET



FÖRKLARINGAR

E = EFFEKTBEHOV VÄRMEPUMP

$Q_1$  = AVGIVEN VÄRMEEFFEKT I KONDENSOR

$Q_2$  = UPPTAGEN VÄRMEEFFEKT I FÖRÅNGARE

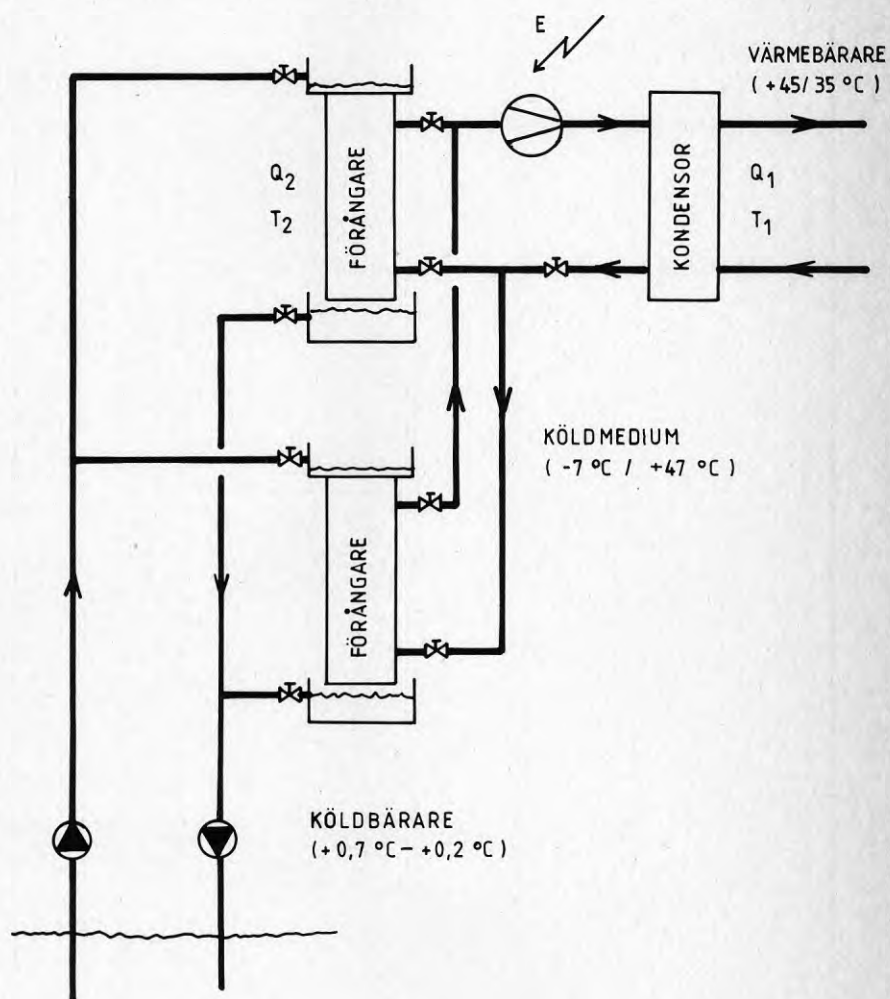
$T_1$  = KONDENSERINGSTEMPERATUR I GRADER KELVIN (K)

$T_2$  = FÖRÅNGNINGSTEMPERATUR I GRADER KELVIN (K)

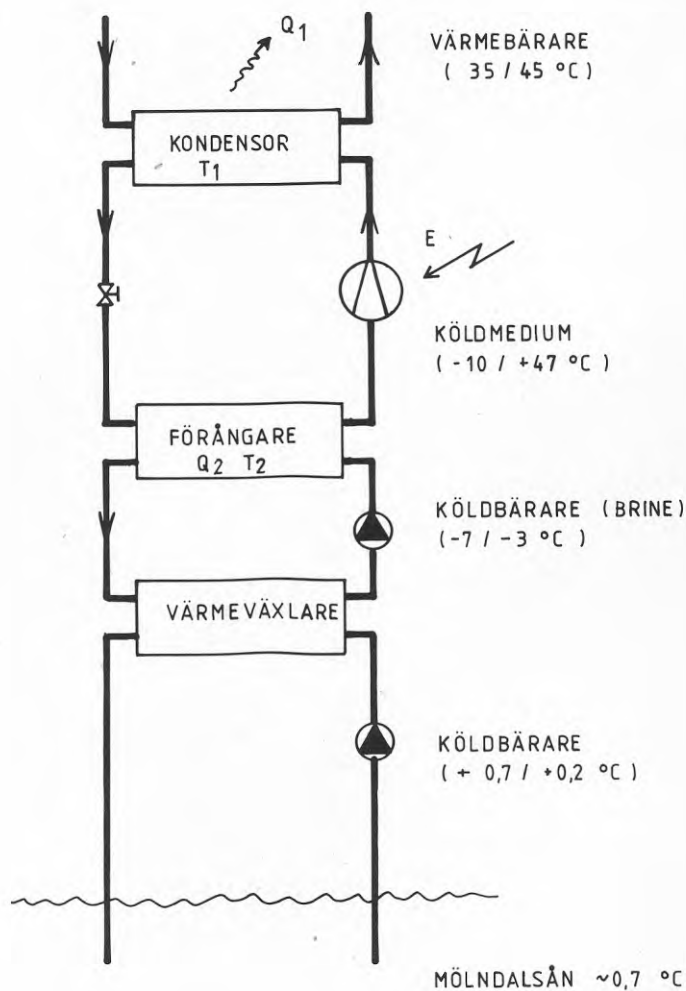
$\phi$  = VÄRMEFAKTOR

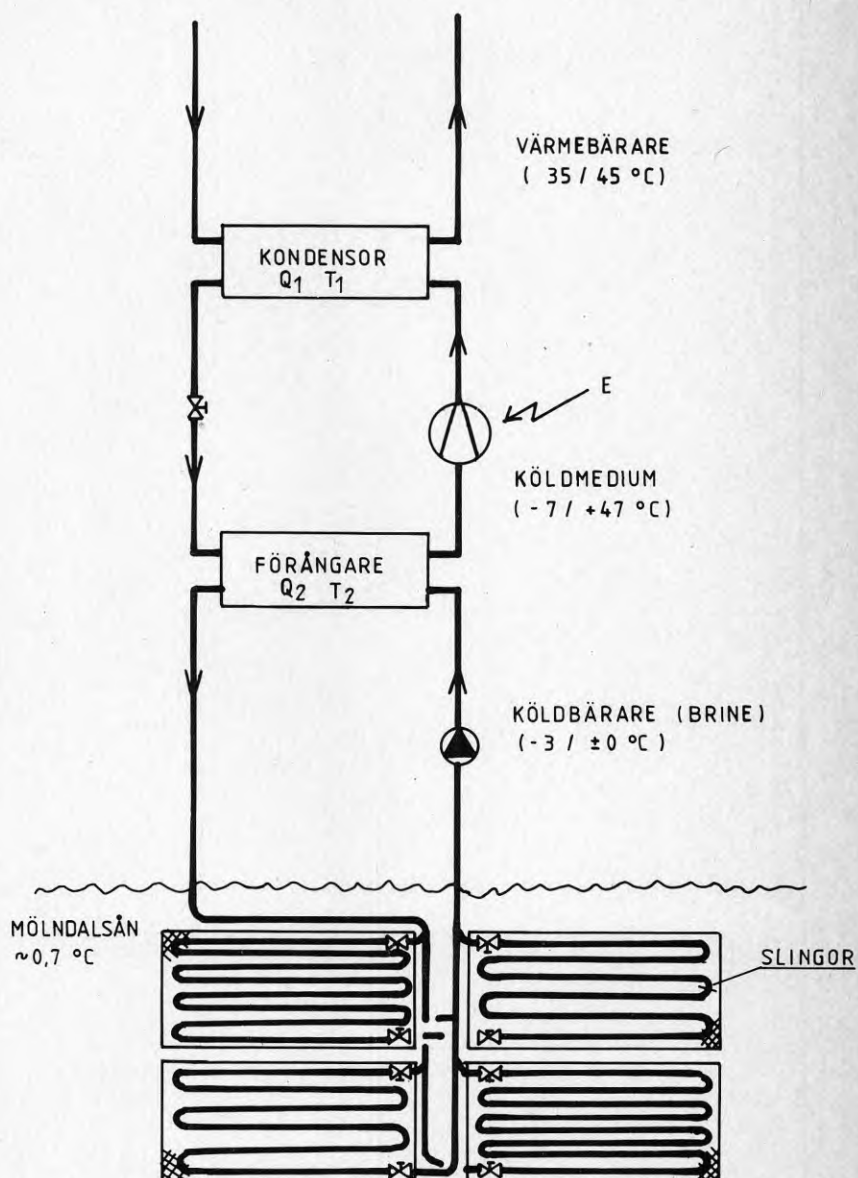
$$\phi > \frac{Q_1}{E} = 1 + 2_{ct} \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

$$Q_2 = Q_1 - E$$

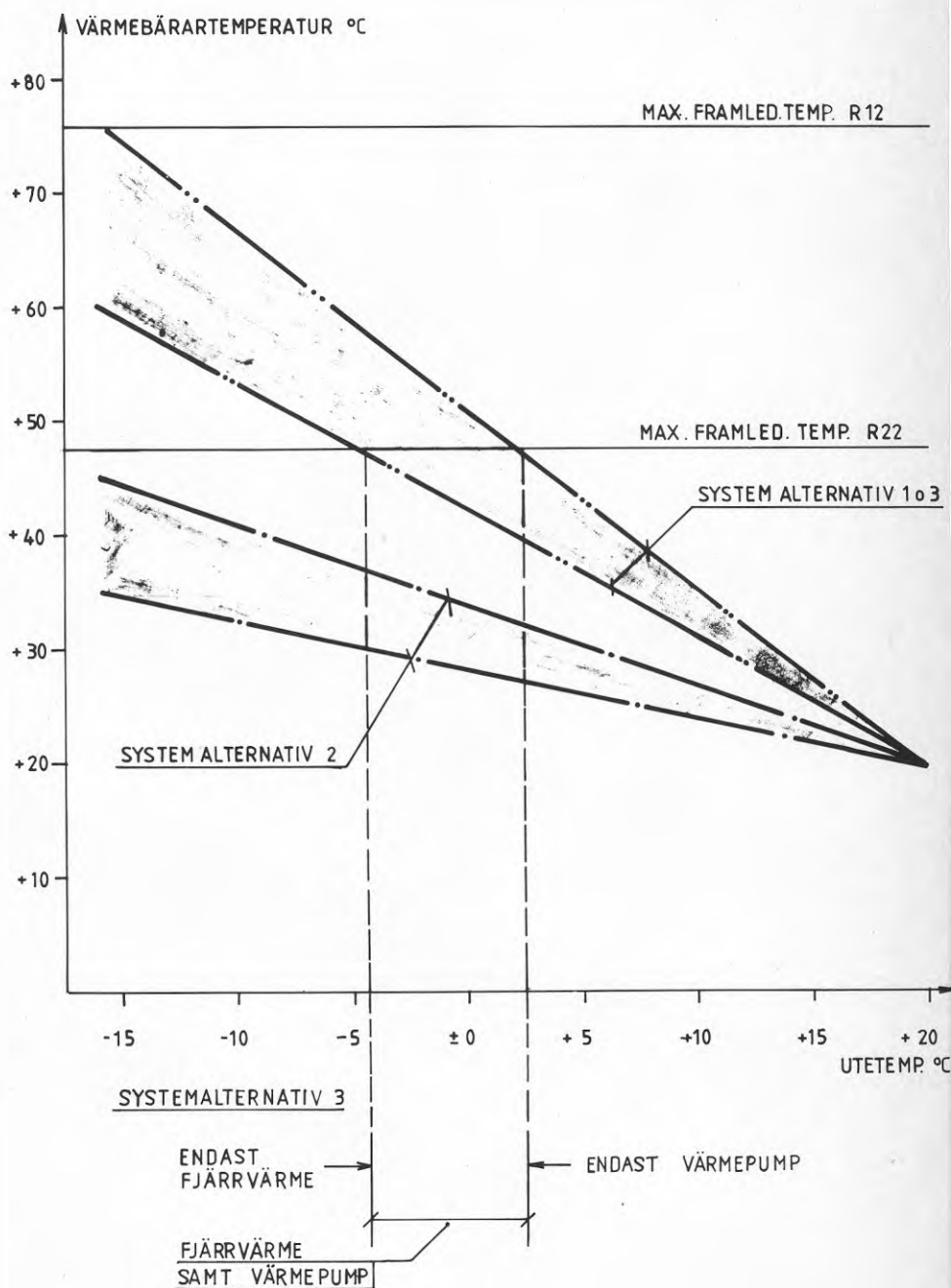


VÄRMEPUMPSARRANGEMANG MED PUMPNING AV VATTEN  
TILL EN VÄRMEVÄXLARE PLACERAD PÅ LAND



VÄRMEPUMPSARRANGEMANG MED VÄRMEVÄXLAREN  
PLACERAD I ÄN

VÄRMEBÄRARTEMPERATUREN FÖR OLIKA SYSTEM  
SOM FUNKTION AV UTETEMPERATUREN





## LITTERATUR

Byggforskningsrapporter

Abrahamsson, T, Norin, F, Strååt, H, R129:179.  
Värmepumpning från sjö för värmeförsörjning av kontorshus.

Samarbetsgruppen för byggnaders energiförsörjning R9:1970.  
Byggnaders energiförsörjning.

Stenström, B Saltech, byggforskningsrapport, projektnummer 790029-7.  
Värmepump för havsvattenvärme - förstudie beträffande värmeväxlare.

Davin, B, Nordling, J, Sandart, K. Byggeforskningsrapport, projektnummer 770979-0.  
Sjöar och hav som värmekälla för en värmepumpsanläggning.

Nilsson, A. Byggeforskningsrapport R43:1980.  
Ytjordvärmepump för mellanstadieskola och sporthall i Mantorp, Mjölby kommun.

Övrig litteratur

Glas, L-O. Värmepumps-handboken.

VVS-special 1:1979. Värmepumpar.  
VVS-tekniska föreningen, Stockholm.

VVS-special. Kurs i värmepumpsteknik.  
VVS-tekniska föreningen, Stockholm.

VVS-handboken 1963.

VVS-handboken 1974. Tabeller och diagram.  
Förlags AB VVS, Stockholm.

Åmnell, G, Rosen, S-O. Energi-Effekt-och kostnadskalkyler för värmeåtervinning av frånluft.  
VVS-kontroll AB, Stockholm.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
791567-2 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Bengt Dahlgren AB, Göteborg.**

**R136: 1980**

**ISBN 91-540-3366-7**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700236**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm**

**Cirkapris: 20 kr exkl moms**